

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-253588

(43)Date of publication of application : 09.09.1992

(51)Int.Cl.

B23K 26/06
G02B 5/20

(21)Application number : 03-029488

(71)Applicant : OSAKA PREFECTURE
OFIC CO

(22)Date of filing : 29.01.1991

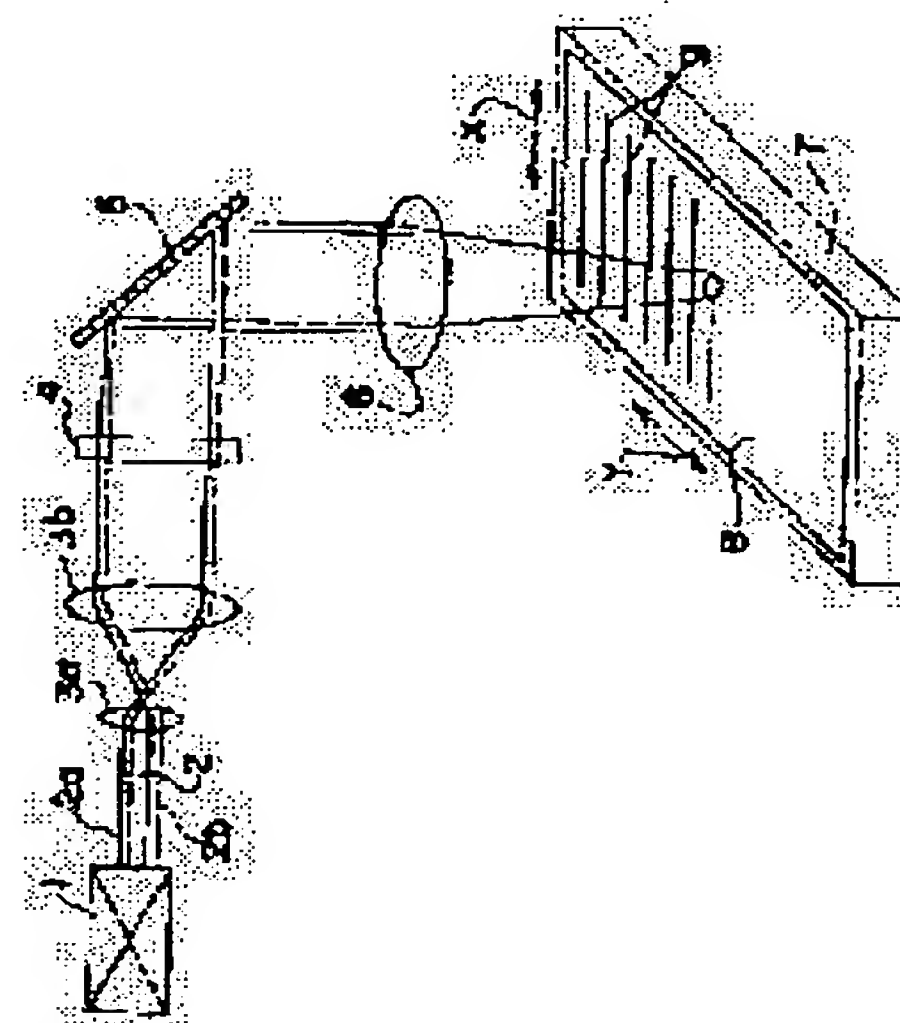
(72)Inventor : NAGATA ITSUO
MIYAMOTO DAIKI
MORIWAKI KOSUKE
OSHIMA ICHIRO
OSHIMA TOKIHIKO
HIRATA SHIGEKAZU
OKANO YOSHIKAZU

(54) LASER BEAM PROCESSING METHOD FOR METALLIC SURFACE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the laser beam processing method adequate for applying the decoration varying variously to rainbow colors in the tints of reflection gloss by the viewing angles and the directions of incident light on a metallic surface.

CONSTITUTION: A pulse laser beam 2 of TEM00 or TEM01 is transmitted through a filter 4 having the characteristic to absorb or reflect a reverse Gaussian distribution, by which the intensity distribution of the Gauss type mode of this laser beam 2 is flattened and the surface of a metallic work piece 8 is irradiated with this beam in the position deviated in one direction of deep or shallow from the focus and the fine ruggedness corresponding to the interference fringes of the laser beam 2 is formed on the above-mentioned surface. The fine ruggedness uniform over nearly the entire part of the region irradiated with the laser beam is formed on the metallic surface. The metallic surface having such fine ruggedness spectrally divides and reflects the incident light and, therefore, the extremely bright and strong reflection gloss varying variously to the rainbow colors in the tints by the viewing angles and the directions of the incident light is generated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

Best Available Copy

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-253588

(43)公開日 平成4年(1992)9月9日

(51)Int.Cl.⁵

B 2 3 K 26/06

G 0 2 B 5/20

識別記号

E 7920-4E

J 7920-4E

7724-2K

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平3-29488

(22)出願日 平成3年(1991)1月29日

(71)出願人 000205627

大阪府

大阪府大阪府中央区大手前2丁目1番22号

(71)出願人 390001801

大阪富士工業株式会社

兵庫県尼崎市常光寺1丁目9番1号

(72)発明者 永田 伍雄

大阪府箕面市半町2-19-21

(72)発明者 宮本 大樹

奈良県奈良市西千代ヶ丘1-905-103

(72)発明者 森脇 耕介

大阪府堺市晴美台3丁2-12-104

(74)代理人 弁理士 藤川 忠司

最終頁に続く

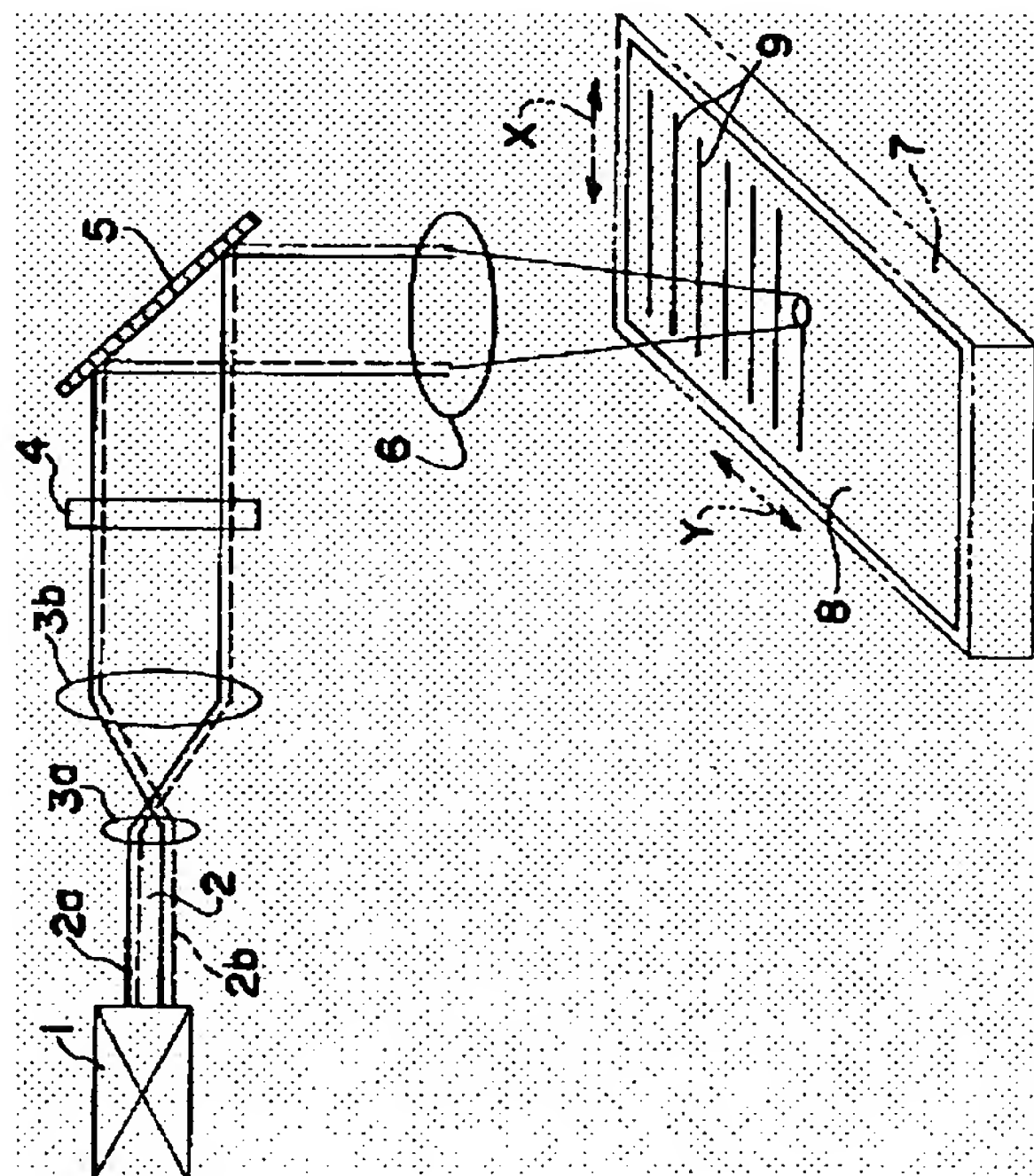
(54)【発明の名称】 金属表面のレーザー加工方法

(57)【要約】

【目的】 金属表面に見る角度や入射光の方向によって反射光沢の色合いが虹色様に多彩に変化する装飾を施すのに好適なレーザー加工方法を提供する。

【構成】 TEM₀₀又はTEM₀₁モードのパルスレーザー光2を逆ガウシアン分布の吸収又は反射特性を有するフィルター4に透過させることにより、このレーザー光2のガウス型モードの強度分布を平坦化し、集光レンズ6を介して焦点よりも深浅一方向にずれた位置で金属製被加工物8の表面に照射し、該表面にレーザー光2の干渉縞に対応した微細凹凸を形成する。

【効果】 金属表面のレーザー光照射領域のほぼ全体にわたって均一な微細凹凸が形成される。この微細凹凸を有する金属表面は、入射光を分光して反射するため、見る角度や入射光の方向によって色合いが虹色様に多彩に変化する、非常に鮮明で強い反射光沢を生じる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属表面に $TE_{M_{00}}$ モード又は $TE_{M_{01}}$ モードのパルスレーザー光を収束手段の焦点よりも深淺一方向にずれた位置で照射し、該金属表面にレーザー光の干涉縞の強度分布に対応した微細凹凸を形成するにあたり、該レーザー光の光路中に逆ガウシアン分布の吸収又は反射特性を有するフィルターを介在させることにより、該レーザー光のガウス型モードの強度分布を平坦化することを特徴とする金属表面のレーザー加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザー光の照射によって金属表面に微細な凹凸を密に形成する加工方法及び装置に関するもので、例えば金属製装飾品、金属製家庭電化用品、金属製工業用品等、種々の金属製品の表面の全体ないし一部の模様等として虹色様に多彩に変化する美麗な反射光沢を付与するのに利用される。

【0002】

【従来の技術】レーザー光は位相が揃った定波長のコヒーレントな光であってビームとしての指向性に優れており、レンズにて収束して微小スポットに高エネルギーを集中できることから、近年では金属の切断、穴あけ、溶接等に多用されている。

【0003】しかして、このようなレーザー光による従来の金属加工は、いずれも加工用収束レンズの焦点位置、つまりビームのエネルギー密度が最大となる位置での高熱を利用し、この焦点位置におけるスポット径で金属を瞬間的に溶融・蒸発させるものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、本発明者等は、金属表面に可視光の波長域に近い $1\mu m$ あるいはそれ以下の微細凹凸を密に形成した場合に、この凹凸表面が回折格子と同様に作用して入射光を分光して反射することから、虹色様あるいは玉虫色様といった美麗な反射光沢を生じるという知見を得ている。

【0005】しかるに、前記従来のレーザー光による加工手段では、ビームが共振器より完全な平行光とし出射されても回折による拡がりを生じると共に、光路を形成する工学系の精度にも限界があり、集光レンズにより収束可能な最小スポット径は一般的に数 μm ～数 $10\mu m$ 程度であることから、上記のような $1\mu m$ あるいはそれ以下といった微細凹凸を金属表面に密に形成できなかった。

【0006】また仮に、共振器や工学系の精度的な改良によって集光レンズによる焦点スポット径を十分に絞り込めたとしても、従来の加工手段では個々の凹凸を一つずつ形成していく必要があるため、加工に膨大な時間を要することになり、到底実用的には採用できない。

【0007】本発明は、上述の事情に鑑みて、従来のレーザー光による加工手段とは異なって金属表面に密な微

細凹凸を容易に短時間で形成でき、金属表面の加飾手段として実用的に優れたレーザー加工方法を提供することを目的としている。

【0008】

05 【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る金属表面のレーザー加工方法は、金属表面に $TE_{M_{00}}$ モード又は $TE_{M_{01}}$ モードのパルスレーザー光を収束手段の焦点よりも深淺一方向にずれた位置
10 に対応した微細凹凸を形成するにあたり、該レーザー光の光路中に逆ガウシアン分布の吸収又は反射特性を有するフィルターを介在させることにより、該レーザー光のガウス型モードの強度分布を平坦化することを特徴とする構成を採用したものである。

15 【0009】

【作用】レーザー光は周知の如くコヒーレントな光であって完全な可干渉性を有するため、同一振動数で一定の位相差を有するビーム成分が重なった際に互いに干渉し
20 合い、照射面では両ビーム成分の位相傾斜分布に対応した明暗の干涉縞を示すことになる。

【0010】従って、レーザービームを集光レンズや凹面鏡等の収束手段で収束して被加工物の金属表面に照射する際に、その照射位置を収束手段の焦点よりも深淺一方向側にずれた位置に設定し、照射面で干涉縞を生じさせた場合、該干涉縞の明部が金属を溶融・蒸発させ得る
25 充分なエネルギー密度を有して、且つ暗部のエネルギー密度が上記溶融・蒸発に不十分であれば、該金属表面に該干涉縞の明部を凹、暗部を凸とした凹凸、つまり干涉縞の強度分布に対応した凹凸が形成されることになる。

30 【0011】ここで、照射スポット内の干涉縞の明暗間隔はレーザー光の照射波長とほぼ同程度となることから、所要の波長域で発振するレーザーを選択することにより、干涉縞に対応した微細凹凸を可視光の波長域に近い $1\mu m$ 程度あるいはそれ以下といった微細な数百本も
35 の凹凸条（例えば中程度の出力を有する YAG レーザー加工機でも凹条として 300 本程度）にて構成できる。そして、この微細凹凸を有する金属表面は、回折格子と同様に作用して入射光を分光して反射し、見る角度や入射光の方向によって色合いが虹色様に多彩に変化する反射光沢を示すことになる。

40 【0012】しかして、上記微細凹凸の形成状況を観察してみると、金属表面の定位置に干涉縞をなすパルスレーザー光を照射した場合、該干涉縞に対応した微細凹凸は徐々に形成されるのではなく、照射パルス数がある回数に達した後に急速に形成されるのであり、それまでの照射エネルギーは専ら微細凹凸形成の準備段階としての表面性状の改変及び昇温に消費されることが判明している。例えばステンレス鋼では、照射パルス数がある回数
50 に達するまでは表面の加熱酸化が進むだけであるが、この酸化に伴う変色によって熱吸収性が高まり、ある段階

で一挙に干渉縞に対応した微細凹凸が形成される。

【0013】従って、金属表面に対するパルスレーザー光の照射位置を連続的に移動しても、その走査線上の金属表面各部がレーザー光通過のほぼ最終段階で上記微細凹凸を生じるパルス数になるようにレーザー光の周波数と走査速度を設定することにより、谷山の重なりによる微細凹凸の不鮮明化ないし消失が回避され、走査線自体を該微細凹凸にて構成できる。よって、このレーザー走査線で描画することにより、金属表面にそれ自体が虹色様に多彩に変化する反射光沢を生じる模様や図柄を自在に施せる。なお、上記微細凹凸を生じるパルス数は、被加工物である金属の種類つまり熱伝導率及び融点の違いや、照射するパルスレーザー光のエネルギー密度等によって異なることは言うまでもない。

【0014】ところで、上記の多彩に変化する反射光沢を強く鮮明なものとするには、照射スポットの領域全体に明瞭な上記微細凹凸を均一に形成する必要がある。しかるに、発振モードが TE_{m0} つまりシングルモードのレーザー光、ならびに TE_{m1} つまりリングモードのレーザー光は、コヒーレント性に優れて良好な干渉縞を生じ易いという利点があるが、ビームがガウス型の強度分布をなし、前者では光軸の中心部ほどエネルギー密度が高く、後者では光軸断面でリング状にエネルギー密度の高い部分が存在する。

【0015】このため、 TE_{m0} モードのレーザー光を用いた場合、照射パルス数を照射スポットの周辺部で明瞭な微細凹凸が形成されるように設定すると、中心部では溶融・蒸発が進んで一旦生じた微細凹凸は消えてしまって中抜けの凹凸パターンとなり、逆に中心部で明瞭な微細凹凸が形成されるパルス数に設定すると、周辺部の微細凹凸が不明瞭になる。また TE_{m1} モードのレーザー光を用いた場合、照射パルス数を照射スポットの周辺部に合わせると、中心部の微細凹凸はエネルギー密度が不足して不明瞭になり、逆に中心部に合わせると、周辺部では過度の溶融・蒸発によりリング状に微細凹凸が消えた部分を生じる。従って、前記の連続走査による描画を行うと、走査線の幅全体に明瞭な微細凹凸を形成できず、虹色様の反射光沢は両縁部又は中央部のみの微細凹凸に基づくために強さ及び鮮明さが不十分なものとなる。

【0016】そこで、本発明では既述のように、レーザー光の光路中に逆ガウシアン分布の吸収又は反射特性を有するフィルターを介在させる。即ち、レーザー光がこのフィルターを透過した際、 TE_{m0} モードのレーザー光ではエネルギー密度の高い光軸中心ほど、また TE_{m1} モードのレーザー光ではエネルギー密度の高い部分ほど透過率が低くなるため、ガウス型モードの強度分布が平坦化し、照射スポットの領域全体のビーム強度が平均化する。従って、照射パルス数を適当に設定すれば、ほぼ照射スポットの領域全体に明瞭な微細凹凸を均一に形

成することが可能となり、連続走査による描画でもほぼ走査線の幅全体を明瞭な微細凹凸にて構成でき、もって模様パターンは強く鮮明な虹色様の反射光沢を生じるものとなる。

- 05 【0017】なお、レーザー光の偏光には直線偏光、楕円偏光、円偏光、ランダム偏光、非偏光等があるが、直線偏光に近いほど干渉縞が明瞭となってそれだけ明瞭な微細凹凸を形成でき、逆に楕円率が大きくなるほど微細凹凸は不明瞭となるため、金属表面に照射するレーザー
- 10 光は直線偏光または楕円率0.3以下の楕円偏光であることが望ましい。しかして、干渉縞の方向つまり微細凹凸の凹凸条の方向は、偏光面の方向（長楕円偏光では長軸方向）に直交している。

- 【0018】レーザー光の照射面で干渉縞を生じさせる手段には特に制限はなく、例えば、単一のレーザー光より分割された複数本のビームを重ねる方法、レーザー共振器内または外部光学系においてレーザービームの一部を横ずれ変位させて元のビーム成分と変位したビーム成分とを重ねる方法等がある。更に、既存のレーザー加工
- 20 装置においても、レーザー共振器や外部光学系を構成する各部材の寸法精度及び配置位置、該共振器の作動条件等により、レーザー光が自然に干渉光となっている場合がある。従って、このような場合は、そのレーザー光をそのまま本発明に利用できることは言うまでもない。そ
- 25 の他、レーザー光の照射面で生じる表面プラズマ波による干渉にて該照射面で干渉縞を生じること考えられる。但し、いずれにおいても、干渉縞に対応した微細凹凸を明瞭に形成する上で、レーザー光を収束して金属表面に照射させる光収束手段の焦点よりも深淺一方向側にずれた位置に被加工物の金属表面を配置させる必要がある。
- 30

【0019】

- 【実施例】図1は本発明の第1実施例に使用するレーザー加工装置を示す。この加工装置は、パルスレーザー共振器1から出射される波長 $1\mu\text{m}$ 程度のパルスレーザー
- 35 光2が、レンズ3a, 3bを介して拡大された上でフィルター4を透過し、反射鏡5にて90度方向転換し、集光レンズ6にて収束され、XYテーブル7上に載置された金属製被加工物8の表面に、該集光レンズ6の焦点よりも浅い位置で照射されるようになされている。
- 40

- 【0020】上記のレーザー光2は、直線偏光で発振モードが TE_{m0} 又は TE_{m1} のものであり、ビーム成分2a, 2bが重なった干渉光からなり、被加工物8の表面で干渉縞を生じるようにしている。

- 45 【0021】しかして、レーザー光2が TE_{m0} モードである場合、ビームの光軸断面の強度分布は、図2の実線Aで示すように、光軸中心Oで最も強く周辺に向かうほど弱いガウス型分布になっている。この場合のフィルター4としては、その光透過率が図2の破線Bで示すように、上記の光軸断面の強度分布Aとは逆に、レーザー
- 50

ビームの光軸中心Oに対応する位置で最も小さく、該中心Oから離れるにほど大きくなる逆ガウシアン分布の吸収又は反射特性を有するものを使用する。従って、このフィルター4を透過することにより、 $TE M_{00}$ モードのレーザー光2は光軸中心Oに近いほどビーム強度が弱められ、透過光は図2の仮想線Cで示すように平坦な強度分布を有するものとなる。

【0022】一方、レーザー光2が $TE M_{01}$ モードである場合、ビームの光軸断面の強度分布は、図3の実線Aで示すように、光軸中心Oで弱く、その両側つまり周囲にリング状に強度ピークを有するガウス型分布になっている。この場合のフィルター4としては、その光透過率が図3の破線Bで示すように、上記の光軸断面の強度分布Aとは逆に、レーザービームの光軸中心Oに対応する位置で最も大きく、その両側つまり周囲のビーム強度のピークに対応する位置で最も小さくなる逆ガウシアン分布の吸収又は反射特性を有するものを使用する。従って、このフィルター4を透過することにより、 $TE M_{01}$ モードのレーザー光2はリング状の強度ピーク位置で最もビーム強度が弱められ、やはり透過光は図3の仮想線Cで示すように平坦な強度分布を有するものとなる。

【0023】なお、上述のような逆ガウシアン分布の吸収特性を有するフィルター4は、例えば、使用するレーザー光2の波長域に吸収スペクトルを有する材料からなる透光板に板厚変化を持たせたものや、透明材料に同波長域に吸収スペクトルを有する物質を密度勾配を持たせて含有させた透光板等で構成できる。また、逆ガウシアン分布の反射特性を有するフィルター4は、例えば、透明板の表面にアルミニウム等の金属薄膜を真空蒸着等によって膜厚が変化するように形成することによって構成できる。

【0024】図1の加工装置では、XYテーブル7を一定速度でX方向に移動させることにより、被加工物8の表面をレーザー光2にて走査し、この1回の走査の終了毎にXYテーブル7を所定距離だけY方向に移動させて順次走査を繰り返し、該被加工物8の表面に走査線からなる平行な線9を描画している。このX方向の走査速度は、走査線上の定位置が複数回の照射パルスを受け、且つ最終段階に近い照射パルスで照射面に生じる干涉縞の各明部が溶融・蒸発して凹条を生じるように設定している。

【0025】ここで、共振器1から出射されるレーザー光2が $TE M_{00}$ モードと $TE M_{01}$ モードのいずれであっても、フィルター4の介在によって前記の如くビームの光軸断面の強度分布が平坦化するため、照射スポットにおける干涉縞の各明部のエネルギー密度はほぼ均等となる。従って、線9は、図4に示すように、干涉縞の各明部に対応した微細な凹条10がほぼ照射スポットの幅全体に均一且つ明瞭に形成された微細凹凸面より構成される。しかして、各凹条10の間隔及び深さは共にパルス

レーザー光2の波長程度つまり $1\mu m$ 程度であることから、微細凹凸面全体が回折格子と同様に入射光を分光して反射し、各線9は入射光の方向や見る角度によって反射光沢が虹色様に多彩に変化する輝線として視認される。

【0026】なお、共振器1から出射するレーザー光2を積極的に干涉光とする手段としては、Qスイッチパルス発振を行う共振器を用いて、そのQスイッチに印加する超音波信号あるいは電圧をON/OFFスイッチングのOFF時つまりレーザー発振時にも該レーザー発振を停止させない程度に残す方法がある。即ち、上記のレーザー発振時に残留する超音波信号あるいは電圧により、発振中のレーザー光の一部がずらされて変位し、元のビーム成分2aと横ずれ変位したビーム成分2bとが重なって干涉したレーザー光2が共振器1より出射されることになる。

【0027】図5は共振器1から出射されるレーザー光2を共振器1外で干涉光に変換するようにした第2実施例を示す。この場合、第1実施例(図1)における反射鏡5の位置に、背面の全反射面11aと表面の一部反射面11bとを有する二重反射鏡11が配置されている。しかして、共振器1から出射されるレーザー光2は、直線偏光で発振モードが $TE M_{00}$ 又は $TE M_{01}$ のものであり、共振器1から出射されてレンズ3a, 3bを介して拡大され、前記同様のフィルター4を透過してビームの光軸断面の強度分布が平坦化された上で、二重反射鏡11の両反射面11a, 11bにて反射し、この反射された二つのビーム成分2a, 2bが重なって干涉光として集光レンズ6に入り、収束されて金属製被加工物8の表面に該集光レンズ6の焦点よりも浅い位置で照射され、該表面に第1実施例と同様に微細凹凸を形成する。

【0028】なお、上記の二重反射鏡11の代わりに、表面で一部反射を行うと共に背面を反射不能とした部分透過鏡と、その背面側に近接して配置した全反射鏡とを用いても、同様に横ずれによる干涉光を生じさせることができる。また、超音波Qスイッチと同様な構造の素子を光路に介在させて弱い超音波信号を印加しても、干涉光を生じさせることが可能である。その他、プリズムと反射鏡の組み合わせ、部分透過鏡と全反射鏡の組み合わせ等によって、1本のレーザービームを2本に分割し、これら分割されたビーム同士を干涉させるてもよい。

【0029】なお、レーザー光2を被加工物8の表面に照射する手段としては、例示したXYテーブル7に限らず、XYの各方向変位を担う2枚の回動鏡を組み合わせたXYスキャナー等でレーザー光2側を変位させるようにしてもよい。更に、収束手段の光軸方向(Z方向)の焦点位置を変位させる焦点変位手段を設けることにより、曲面状等の三次元形状の金属表面に対しても照射面のZ方向位置に応じて焦点位置を変化させ、照射面のエネルギー密度を一定に維持して均一な微細凹凸を形成す

ることができる。

【0030】この焦点変位手段としては、必ずしも収束手段自体を移動させる必要はなく、光路に介在するレンズのいずれかを光軸方向に変位させるものであればよい。しかして、焦点変位操作は、被加工物の表面形状を予め測定し、その測定結果を制御系に入力して数値制御により自動的にレンズの光軸方向変位を行うようにすればよく、例えば従来のレーザー加工に使用されているZスキャナー (Dynamic Focus) を利用できる。

【0031】因に、前記第1実施例の装置構成において、二方向型の超音波Qスイッチと直線偏光素子とを内蔵したYAGレーザー共振器を使用し、焦点距離20cmの集光レンズ3cによって、発振波長 $1.06\mu\text{m}$ 、パルス幅100nm、繰り返し周波数1KHz、平均出力500mWの条件で、TEM₀₀モードで直線偏光のレーザー光をステンレス鋼の表面に干涉縞を生じるように照射して微細凹凸を形成する場合、照射位置を該集光レンズ3cの焦点より深浅両方向の3.5~11.0mmの範囲に設定した時に虹色様の反射光沢を生じる上記微細凹凸が形成でき、特に該焦点より浅い方向(上方)の6.0~7.5mmの範囲で最も鮮明で強い反射光沢を生じる明瞭な微細凹凸が形成できた。その照射スポットの径は50~150 μm 程度であり、そのスポット内に形成される凹条8の数は50~150本程度であった。そして、連続走査つまりXYテーブル7をX方向に移動させながら連続照射した場合には、走査線上の各位置に照射パルスが50~150回程度当たった段階で微細凹凸を生じることが判明した。

【0032】なお、上述のような連続走査による微細凹凸の線状パターンとする以外に、微細凹凸のレーザースポットを一定間隔で並べて虹色様の反射光沢を生じる模様あるいは光沢面を形成することも可能である。また、2枚の1/4波長板を介在させて一方を回転させることにより、干涉縞の縞方向つまり微細凹凸の溝方向を変化させることも可能である。

【0033】本発明に使用するレーザー共振器は、パルスレーザー光を出射できるものであればよく、前記のYAGレーザー以外にルビーレーザーやガラスレーザーの如き固体レーザー、炭酸ガスレーザーやエキシマレーザーの如きガスレーザーも使用できる。

【0034】

【発明の効果】本発明のレーザー加工方法によれば、レーザー光を利用して金属表面に1 μm 程度あるいはそれ以下といった極めて微細で密な凹凸を容易に且つ短時間で形成可能であり、しかも該微細凹凸部をレーザー光の走査によって連続的に線状に形成して様々な模様パターンを自在に描画できるから、各種の金属製品に該微細凹凸に基づき反射光沢の色合いが見る角度や入射光の方向によって虹色様に多彩に変化する独特の装飾を効率よく安価に施せる。

10 【0035】しかも、本発明方法では、レーザー光としてTEM₀₀又はTEM₀₁モードのパルスレーザー光を用いるが、そのガウス型モードの強度分布を有するビームが光路に介在する逆ガウシアン分布の吸収又は反射特性を有するフィルターを透過して平坦な強度分布を有する
15 ビームに転換されることから、ほぼ照射スポットの領域全体に明瞭な微細凹凸を均一に形成することが可能となり、連続走査による描画でもほぼ走査線の幅全体を明瞭な微細凹凸にて構成でき、もって上記の虹色様の反射光沢は強く非常に鮮明なものとなり、極めて美しい装飾を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例で用いたレーザー加工装置の概略構造図。

25 【図2】 TEM₀₀モードのレーザー光のビーム光軸断面における直径方向の強度分布と使用するフィルターの光透過率との相関特性図。

【図3】 TEM₀₁モードのレーザー光のビーム光軸断面における直径方向の強度分布と使用するフィルターの光透過率との相関特性図。

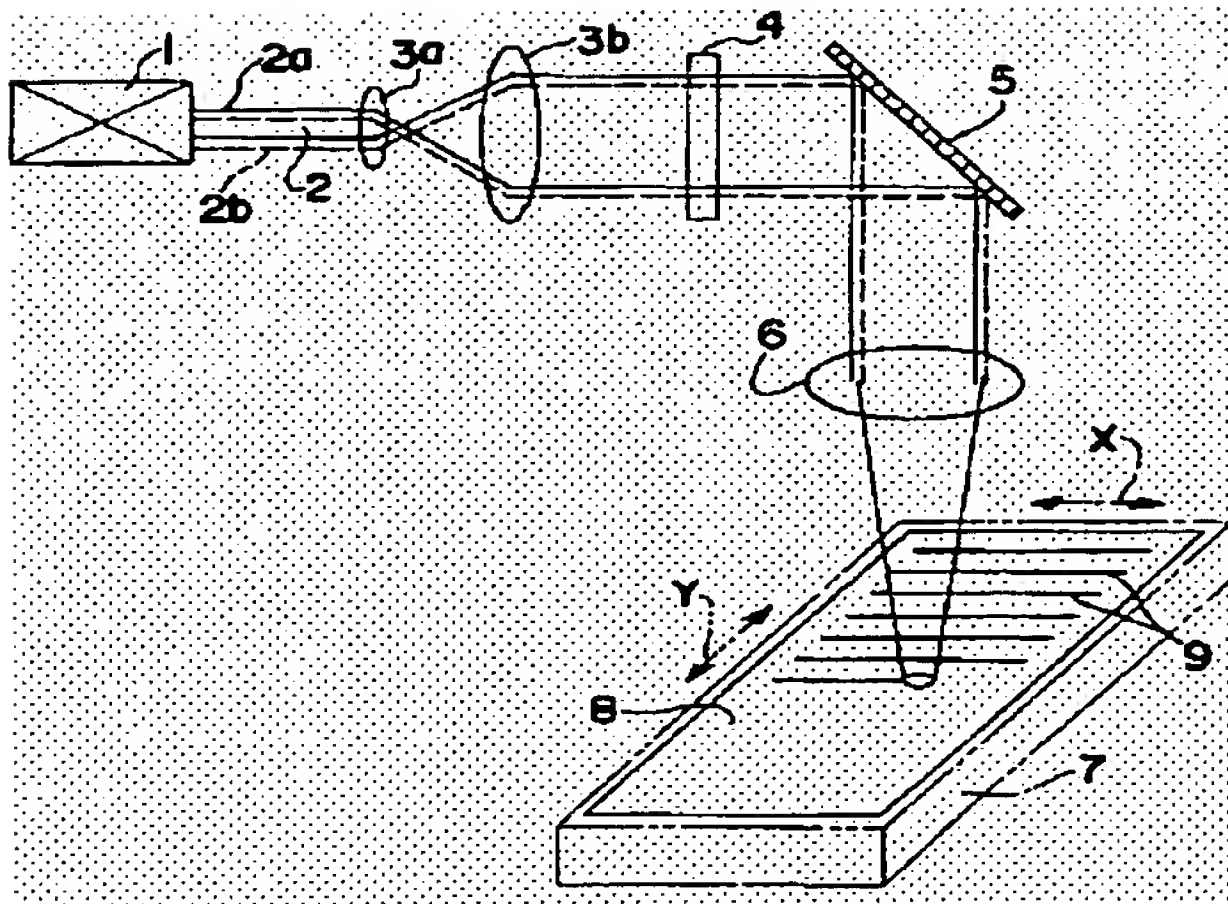
30 【図4】 上記加工装置によるレーザー光の連続走査にて金属表面に描画された線の拡大図。

【図5】 本発明の第2実施例で用いたレーザー加工装置の概略構造図。同装置におけるレーザー共振器の一構成例を示す概略構造図。

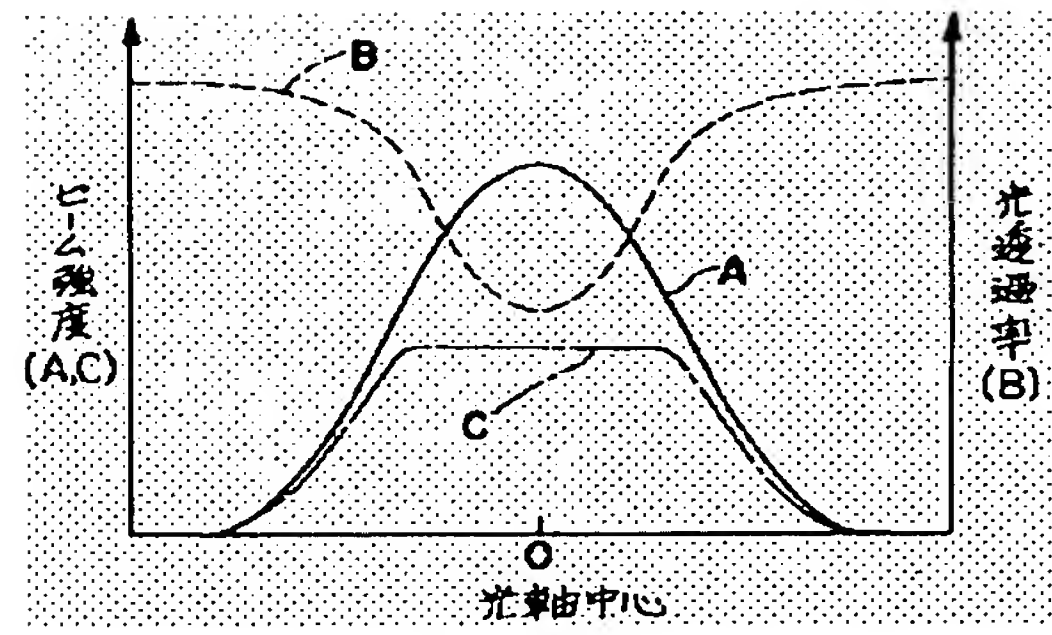
35 【符号の説明】

1…レーザー共振器、2…パルスレーザー光、4…フィルター、5…集光レンズ(収束手段)、8…金属製被加工物、9…レーザー走査線、10…凹条(微細凹凸)、
40 A…元のレーザー光の強度分布曲線、B…フィルターの光透過率曲線、C…フィルター透過後のレーザー光の強度分布曲線。

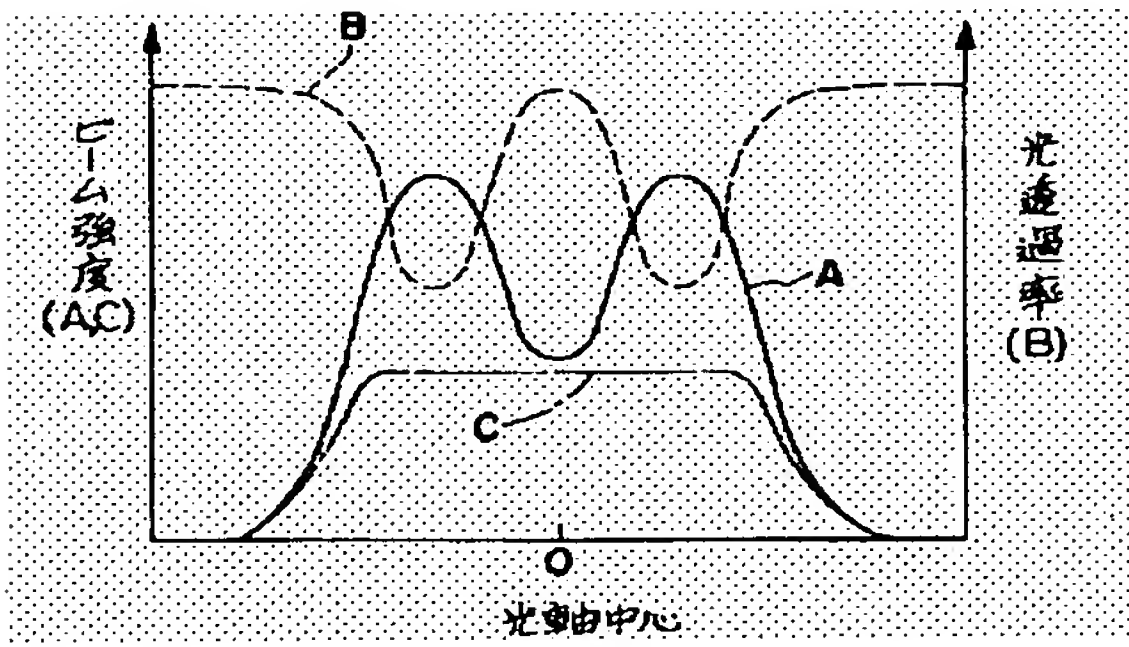
【図 1】



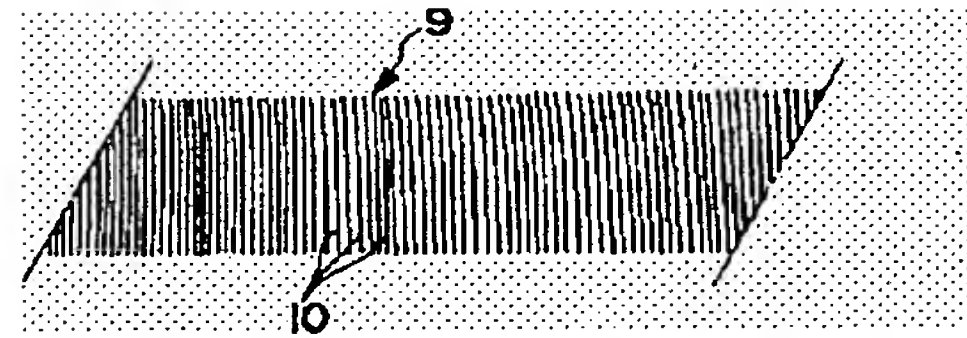
【図 2】



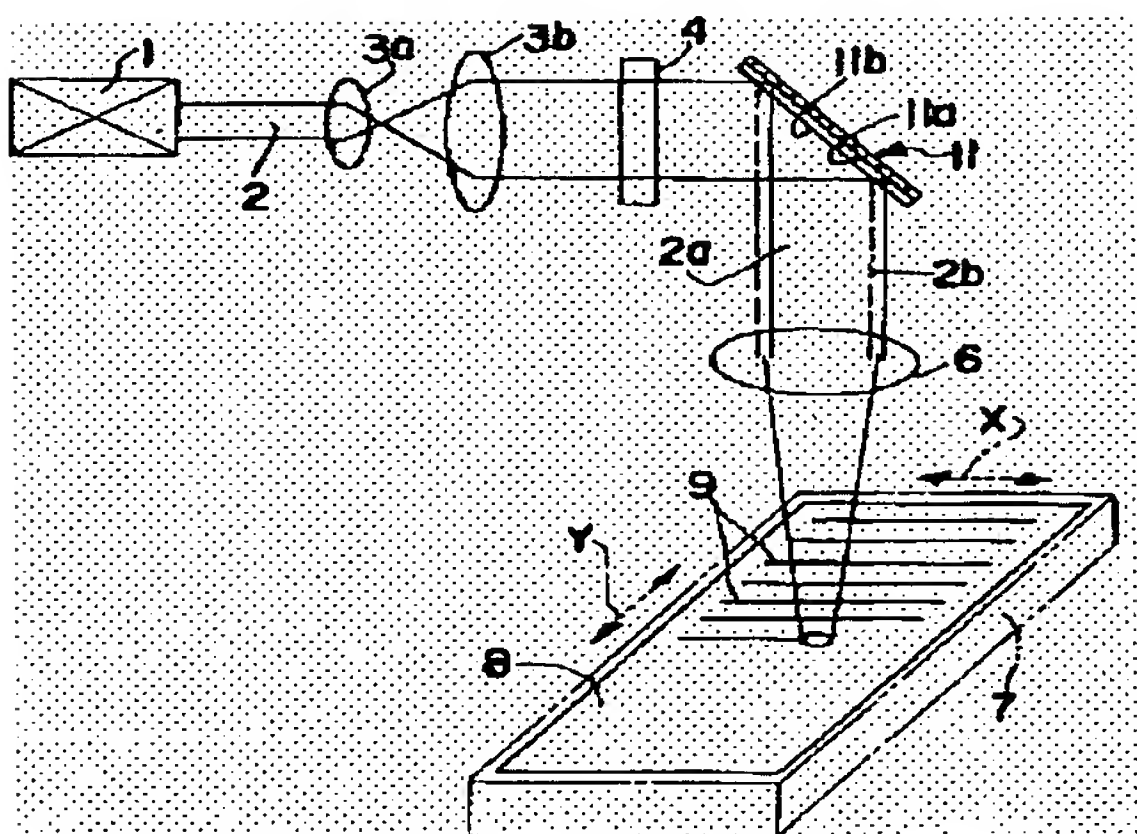
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 大島 市郎
兵庫県尼崎市常光寺 1 丁目 9 番 1 号 大阪
富士工業株式会社内
(72)発明者 大島 時彦
兵庫県尼崎市常光寺 1 丁目 9 番 1 号 大阪
富士工業株式会社内

(72)発明者 平田 繁一
兵庫県尼崎市常光寺 1 丁目 9 番 1 号 大阪
富士工業株式会社内
05
(72)発明者 岡野 良和
兵庫県尼崎市常光寺 1 丁目 9 番 1 号 大阪
富士工業株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.